

## **Optoelectronic quantum well device having an optical resonant cavity and sustaining inter subband transitions**

Patent Number: ☐ US5818066  
Publication date: 1998-10-06  
Inventor(s): DUBOZ JEAN-YVES (FR)  
Applicant(s): THOMSON CSF (FR)  
Requested Patent: ☐ EP0776076, B1  
Application Number: US19960746810 19961118  
Priority Number(s): FR19950013785 19951121  
IPC Classification: H01L29/06; H01L33/00  
EC Classification: G02F1/21S, H01L31/0232, H01L31/0352, H01S5/183, H01S5/34A  
Equivalents: DE69620350D, DE69620350T, ☐ FR2741483, ☐ JP9172227

---

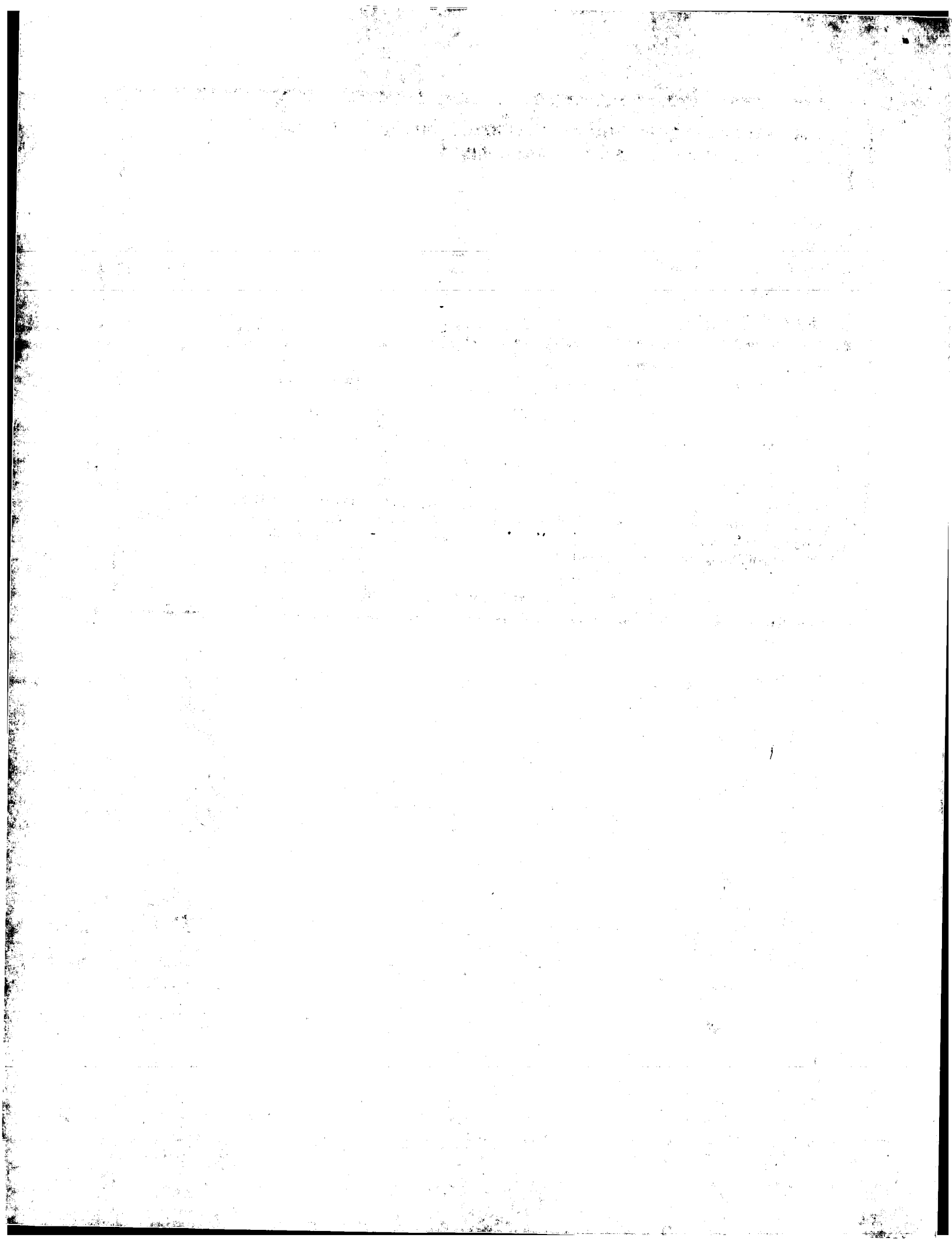
### **Abstract**

---

An optoelectronic quantum well device comprises a stack of layers that have different gap widths and constitute quantum wells possessing, in the conduction band, at least two permitted energy levels, this stack of layers being included between two reflection means. The device also comprises a diffraction grating between one of the mirrors and the stack of layers.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2





(11) **EP 0 776 076 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
28.05.1997 Bulletin 1997/22

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **H01S 3/18**, **H01S 3/085**,  
**H01S 3/19**, **G02F 1/015**,  
**H01L 31/0352**

(21) Numéro de dépôt: 96402406.1

(22) Date de dépôt: 12.11.1996

(84) Etats contractants désignés:  
DE GB

(71) Demandeur: **THOMSON-CSF**  
**75008 Paris (FR)**

(30) Priorité: 21.11.1995 FR 9513785

(72) Inventeur: **Duboz, Jean-Yves**  
**94117 Arcueil Cedex (FR)**

(54) **Dispositif optoélectronique à puits quantiques**

(57) L'invention concerne un dispositif optoélectronique à puits quantiques comportant un empilement de couches (PQ) de largeurs de bandes interdites différentes et constituant des puits quantiques possédant dans

la bande de conduction au moins deux niveaux d'énergie permis, cet empilement de couches étant compris entre deux moyens de réflexion (M1, M2). Il comporte également un réseau de diffraction (RZ) compris entre l'un des miroirs (M1) et l'empilement de couches (PQ).

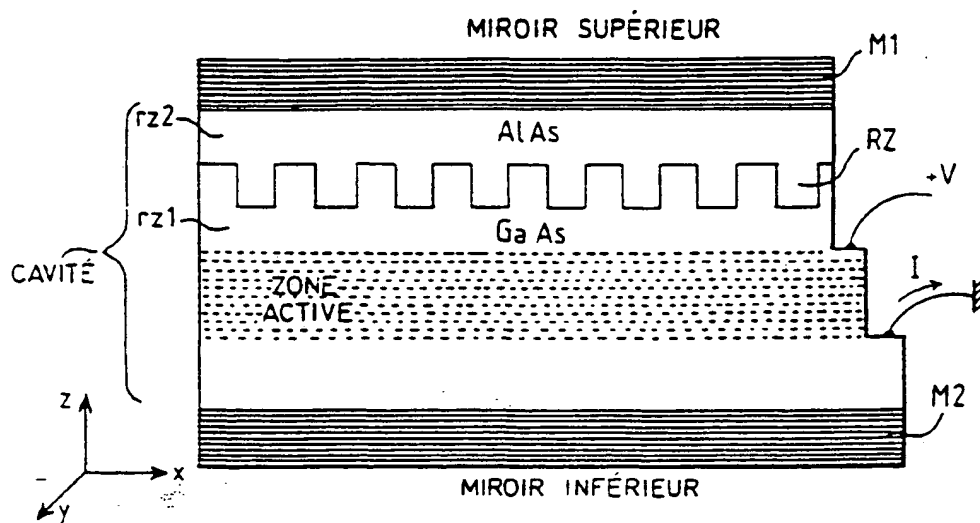


FIG. 2a

cavité peut être une microcavité semblable à celle réalisée dans les lasers VCSEL's ou non, la microcavité offrant en général des avantages en termes d'intégration et de performances. Les réseaux peuvent être à une dimension (une seule polarisation est couplée) ou à deux dimensions (les deux polarisations sont couplées) et peuvent être de forme variable (lamellaire, triangulaire, blazée ...) sans que le principe de fonctionnement ne soit changé.

Nous allons illustrer ci-dessous les améliorations de performances apportées par l'introduction de microcavité pour des dispositifs utilisant des transitions intersousbandes dans des puits GaAs/AlGaAs et fonctionnant à incidence nulle. Ces exemples ne sont pas limitatifs et ne constituent pas des optimisations absolues mais donnent une image réaliste des performances accessibles dans ces structures. Pour les transitions intersousbandes, l'idée peut s'appliquer à la détection, la modulation ou l'émission.

A) Dans la détection et l'émission, il faut distinguer deux cas :

A1) on s'intéresse à une gamme spectrale large (cas des imageurs thermiques usuels). Le spectre du rayonnement incident est large (par exemple 8-12  $\mu\text{m}$ ), la réponse spectrale du détecteur est large également (par exemple 8-10  $\mu\text{m}$ ) et le signal mesuré est proportionnel à la puissance absorbée totale intégrée sur tout le spectre. La microcavité a pour effet de réduire la largeur spectrale en même temps qu'elle augmente la réponse pic, en gardant l'intégrale à peu près constante.

A2) on s'intéresse à la réponse sur un spectre étroit. En particulier, on cherche à obtenir une réponse élevée à une longueur d'onde précise, par exemple la raie 10.6  $\mu\text{m}$  du laser  $\text{CO}_2$ . La structure a alors un double avantage : elle augmente la réponse à la longueur d'onde voulue, et en même temps, elle réduit la réponse aux longueurs d'onde voisines qui induisent du bruit sur la mesure.

Deux illustrations vont être données pour la détection. Les processus d'absorption et d'émission étant similaires, les conclusions pour l'émission (fonctionnement en laser) seront les mêmes que pour la détection à une longueur d'onde donnée. En particulier, cette idée s'applique parfaitement aux lasers intersousbandes.

1) On s'intéresse aux détecteurs couplés par un réseau métallisé fonctionnant par réflexion (figure 2b). On utilise ici 40 puits dopés  $5 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$  avec une courbe d'absorption des puits centrée à 10  $\mu\text{m}$  et de largeur 10 meV. Cette zone active va être couplée avec un réseau lamellaire (1 dimension) dont on va optimiser la géométrie pour obtenir la réponse pic maximale. La métallisation sur le réseau constitue un miroir. Cette optimisation est faite dans 3 cas tels que représentés en figures 3a à 3c.

La figure 3a représente la structure de puits quan-

tiques PQ à laquelle est associé un réseau de diffraction FZ, l'ensemble étant réalisé sur un substrat.

La figure 3b représente un dispositif dans lequel l'empilement de puits quantiques PQ est réalisé sur une couche de guidage G épaisse (3,5  $\mu\text{m}$ ) d'indice optique inférieur à celui des matériaux de l'empilement PQ. Par exemple, la couche G est en AlAs l'empilement PQ est en GaAs/AlGaAs et le substrat est en GaAs. Dans ces conditions, la lumière L arrivant dans le dispositif à travers le substrat traverse le substrat S, la couche G puis l'empilement PQ où elle est partiellement absorbée. La lumière non absorbée atteint le réseau FZ qui la diffracte vers l'empilement PQ qui en absorbe une partie. La lumière non absorbée est réfléchiée vers le réseau par l'interface empilement PQ/couche G.

La figure 3c représente un dispositif avec miroir de Bragg M tel que le dispositif de la figure 2b.

Dans les 2 derniers cas, on a une cavité entre 2 miroirs, le métal d'une part et l'interface GaAs/AlAs d'autre part. L'épaisseur de la cavité est choisie pour que la cavité résonne à 10  $\mu\text{m}$ .

La figure 4a montre l'absorption sans AlAs. Le spectre est large et l'absorption pic est faible (9.5 %).

La figure 4b montre l'absorption dans les cas des dispositifs des figures 3b, 3c. Noter les changements d'échelle en abscisses et ordonnées entre les figures 4a et 4b. Les spectres sont étroits et l'absorption pic est forte (48 % avec AlAs épais et 81 % avec le miroir de Bragg). La cavité est plus performante avec le miroir de Bragg qui a un plus fort coefficient de réflexion que la simple couche d'AlAs, le spectre est plus étroit et l'absorption plus forte.

2) On va maintenant illustrer l'effet cavité sur des détecteurs couplés par réseaux diélectriques (GaAs gravé non métallisé) utilisés en transmission. On a une couche de 40 puits quantiques dopés à  $10^{11} \text{ cm}^{-2}$  et ayant une transition à 5  $\mu\text{m}$  avec une largeur de 10 meV. Sur la figure 5, on compare l'absorption dans la couche dans deux cas :

i) le réseau est gravé dans GaAs et aucune autre structure n'est ajoutée. Il n'y a donc pas de miroir formant cavité. Le spectre d'absorption est large et l'absorption pic est faible (5.6 %).

ii) La structure précédente est recouverte de 3 couches  $\text{CaF}_2/\text{ZnSe}/\text{CaF}_2$  constituant le miroir supérieur M2 et on dispose sous la zone active 5 périodes de AlAs/GaAs constituant le miroir inférieur M1. Cela correspond au dispositif de la figure 2a. On a donc une cavité. Le spectre d'absorption est étroit et l'absorption pic est importante (43 %) illustrant l'effet microcavité sur l'absorption du détecteur et mettant en évidence l'efficacité de l'invention.

Le dispositif de l'invention peut également fonctionner en modulateur.

Dans le cas d'un modulateur comportant un réseau métallisé comme en figure 2b, le modulateur fonctionne

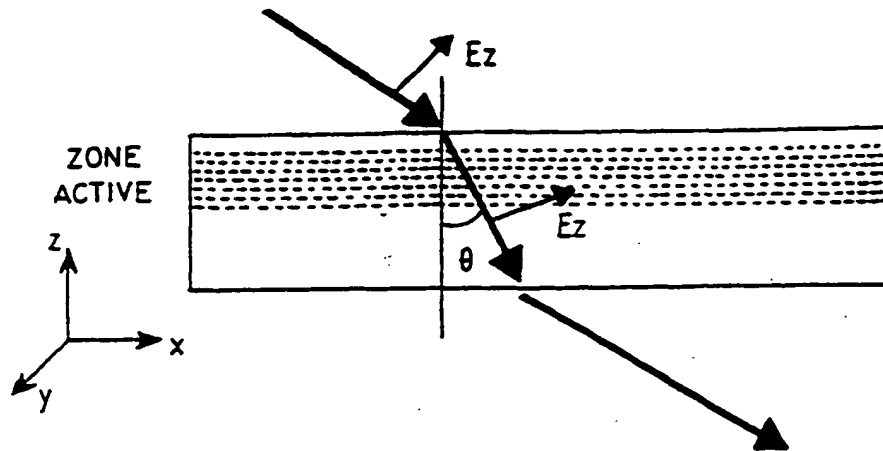


FIG.1a

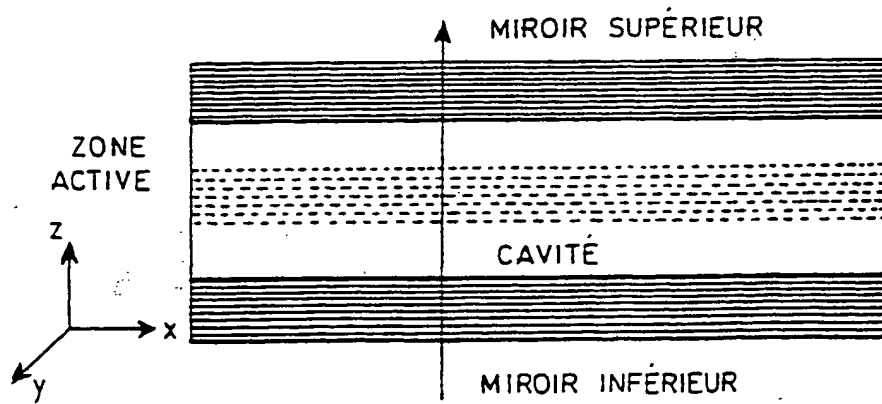


FIG.1b

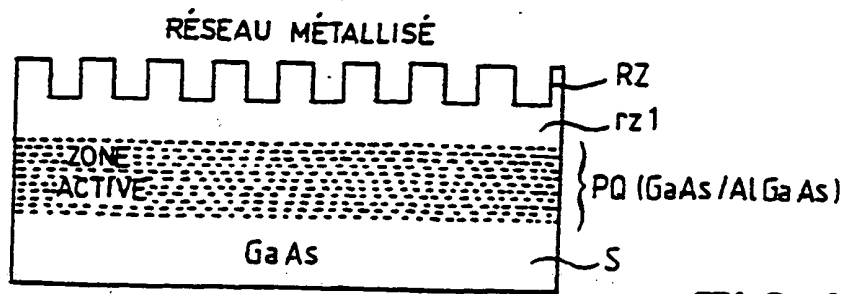


FIG. 3a

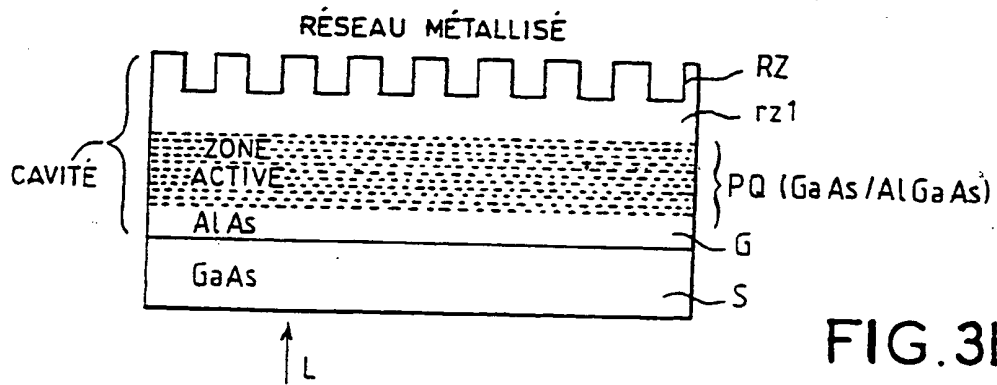


FIG. 3b

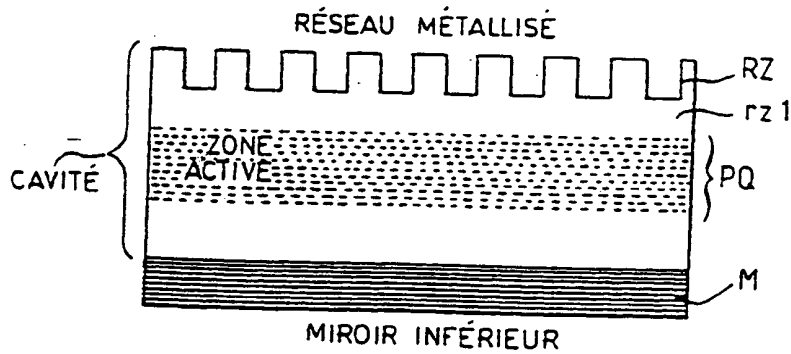


FIG. 3c

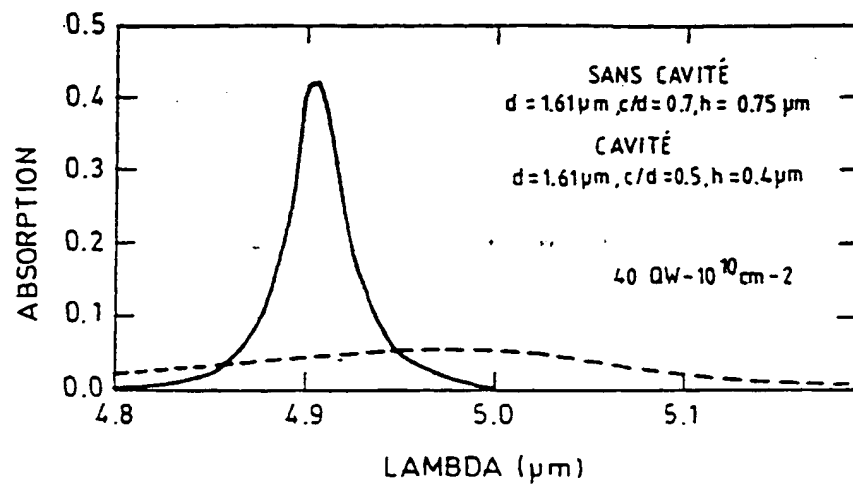


FIG.5

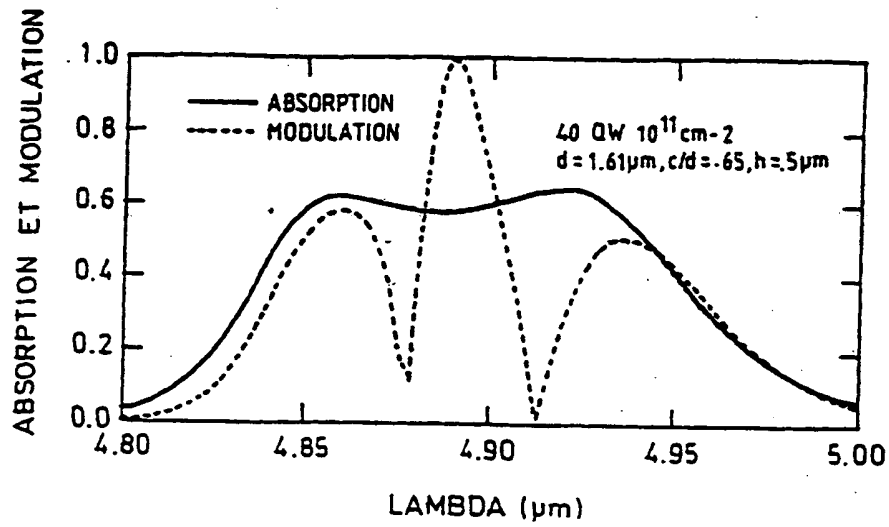


FIG. 7a

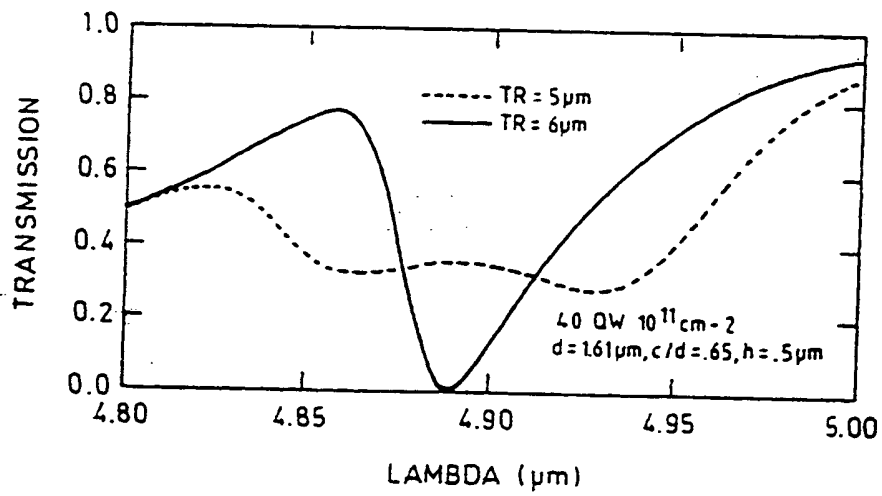


FIG. 7b





Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 96 40 2406

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	APPLIED PHYSICS LETTERS, vol. 66, no. 2, 9 Janvier 1995, pages 218-220, XP002008844 V.BERGER ET AL.: "Normal incidence intersubband absorption in vertical quantum wells" * page 218, colonne de gauche, ligne 1 - colonne de droite, ligne 19 * * page 220, alinéa 2; figures 1,2 *	1,3	H01S3/18 H01S3/085 H01S3/19 G02F1/015 H01L31/0352
A	APPLIED PHYSICS LETTERS, vol. 53, no. 12, 19 Septembre 1988, pages 1027-1029, XP000039349 K.W.GOOSEN ET AL.: "Grating enhancement of quantum well detector response" * page 1027, colonne de gauche, ligne 19 - page 1028, colonne de gauche, ligne 17; figures 1,2 *	1,3,4	
A	APPLIED PHYSICS LETTERS, vol. 59, no. 7, 12 Août 1991, pages 857-859, XP000233772 J.Y.ANDERSSON ET AL.: "Near-unity quantum efficiency of AlGaAs/GaAs quantum well infrared detectors using a waveguide with a doubly periodic grating coupler" * page 857, colonne de gauche, alinéa 3 * * page 858, colonne de gauche, ligne 14, alinéa 1 - colonne de droite; figure 1 *	1,3,5	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)  H01S G02F H01L
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
LA HAYE		20 Février 1997	Stang, I
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire		I : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

PFO FORM 1503 (01/91) (P4/CU)

Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 96 40 2406

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	DE 41 35 813 A (TOSHIBA KAWASAKI KK) 7 Mai 1992 * colonne 9, ligne 45 - colonne 11, ligne 60; figures 11-13,26 * -----	1,2,4,5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20 Février 1997	Examinateur Stang, I
<b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b> X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire I : thème ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons d : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1501 01/91 (P0402)